

Micro-macro in de Nieuwe Scheikunde

Op donderdag 29 februari 2013 was er een bijeenkomst op het Zaanlands Lyceum ter ondersteuning van docenten bij het kiezen van een nieuwe methode. Immers, met ingang van het schooljaar 2013-2014 wordt de Nieuwe Scheikunde ingevoerd in de bovenbouw van de havo en het vwo. Op deze bijeenkomst bleek dat het micro-macrodanken onvoldoende is uitgewerkt in de nieuwe schoolboeken. Dit vormde de aanleiding tot een interview met Huib van Drooge, die zeer goed op de hoogte is van de nieuwe syllabus. Het interview leidde tot een overweging met enkele verrassende inzichten als gevolg.

■ Joke van der Aalsvoort / Huygens College, Heerhugowaard

Wat is het belang van micro-macrodanken?
 “Het onderscheiden van het microniveau van atomen en moleculen en het macroniveau van stoffen is essentieel voor de scheikunde. Hierop is het zogenoemde heen-en-weerdenken gebaseerd, voor de chemicus een vaardigheid *sine qua non*. Daarom vormde het micro-macroniveau één van de peilers van de Vernieuwingscommissie. Dit is ook te zien in de nieuwe syllabus. Ging in het verleden ongeveer 5 - 10% van de syllabus over de structuur gekoppeld aan eigenschappen van stoffen, nu is dat rond de 25%. Hierbij is het kunnen redeneren op micro- en macroniveau van belang. Bovendien maakte het micro-macroniveau al onderdeel uit van de pilot-examens. Ik verwacht dat dit in de nieuwe examens ook sterk het geval zal zijn.”

Maar docenten besteden toch allang aandacht aan micro-macro?
 “Als docenten zijn we gewend heel gemakkelijk heen en weer te springen tussen het micro- en het macroniveau. We praten in dezelfde zin bijvoorbeeld over intermoleculaire krachten en kookpunten, of over spiegelbeeldisomerie en optische activiteit. Maar we zijn slordig in ons taalgebruik en we maken leerlingen niet duidelijk dat we heen en weer aan het denken zijn en voortdurend van niveau wisselen tussen micro- en macrowereld. Deze slordigheid leidt tot



Huib van Drooge.

misverstanden bij de leerlingen. Het gaat er dus vooral om dat we het micro- en het macroniveau explicieter aangeven en zorgvuldiger worden in ons taalgebruik.”

De schoolboeken moeten opnieuw geschreven worden

Hoe zit het met het micro- en macroniveau in de nieuwe schoolboeken?
 “In de nieuwe schoolboeken is er geen enkele aandacht voor het micro-macro-

Dit artikel is het 31^e in een serie getiteld *Contexten in ...* In dit en vorige artikelen willen de initiatiefnemers Joke van der Aalsvoort (Huygens College, Heerhugowaard), Lisette van Rens (VU, Amsterdam), Albert Pilot (UU, Flsme, Utrecht), Martin Vos (De Nieuwste School, Tilburg) en Jan de Gruijter (Fontys Lerarenopleiding, Tilburg) laten zien wat de vernieuwing van het scheikundeonderwijs inhoudt.

niveau. Men heeft zich onvoldoende gerealiseerd dat dit nodig is en men heeft teveel voortgeborduurd op het oude. In de nieuwe schoolboeken zou het micro- en macroniveau explicieter aan de orde moeten komen en zou er zorgvuldiger geformuleerd moeten worden. Met de nieuwe schoolboeken, zoals ze nu zijn, worden de leerlingen onvoldoende voorbereid op de nieuwe examens.”

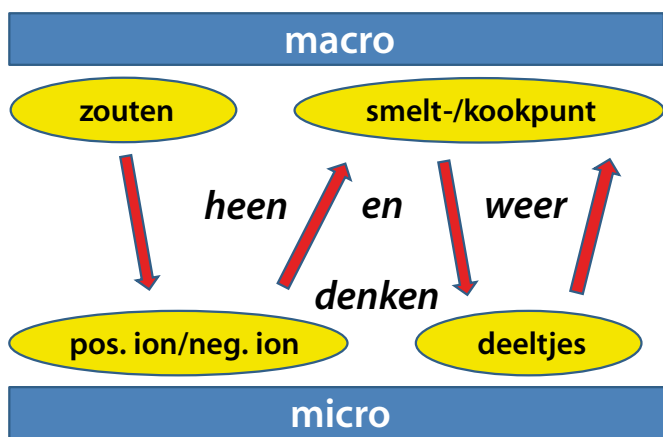
Wat zou er moeten gebeuren om het gat tussen de syllabus en de schoolboeken betreffende het micro-macroniveau te dichten?

“De schoolboeken moeten opnieuw geschreven worden. Zoveel werk is dat niet. Het gaat erom dat het micro-macroniveau in de tekst van de nieuwe schoolboeken verweven wordt. Het zou mooi zijn als we hiermee in de derde klas al beginnen. Op mijn eigen school, het Zaanlands Lyceum, hebben we een eigen methode. We zijn in het schooljaar 2012-2013 begonnen aandacht te besteden aan het micro-macrodanken in de derde klas en we gaan hier in de vierde klassen mee door.”

Overweging

Scheikundige begrippen op macro- en microniveau

Het vak scheikunde in het voortgezet onderwijs brengt leerlingen basale chemische kennis bij. Deze bestaat



Figuur 1.
Heen-en-weerdenken tussen macro- en microniveau.

uit begrippen die als verzamelingen gezien kunnen worden. Het begrip zout bijvoorbeeld is een verzameling omdat alle zouten hieronder vallen. Het feit dat een stof als een zout gezien wordt, betekent dat de betreffende stof in meerdere of mindere mate dezelfde chemische eigenschappen heeft als

andere stoffen die ook tot de zouten worden gerekend. Andere voorbeelden van chemische begrippen die als verzamelingen beschouwd kunnen worden, zijn metalen, moleculaire stoffen, chemische reacties, reactiesnelheid, evenwichten enzovoort.

In het vak scheikunde maken we gebruik van twee niveaus, het macro-niveau en het microniveau. Het macro-niveau is het niveau van stoffen en reacties die we door middel van stofeigenschappen kunnen waarnemen. Het microniveau is de wereld van de deeltjes waaruit stoffen bestaan, zoals atomen, moleculen en ionen, die we niet kunnen waarnemen. Chemische begrippen kunnen dan ook op deze twee niveaus worden beschreven. Op macroniveau rekenen we een stof tot een zout wanneer deze als eigenschappen een hoog smelt- en kookpunt heeft, in de vloeibare fase stroom geleidt en bij stroomgeleiding ontleedt in een metaal en een niet-metaal. Op microniveau bestaat een zout uit positieve metaalionen en negatieve niet-metaalionen. En dan hebben we het nog niet eens gehad over de bijbehorende formuletaal.

De erkenning dat scheikundige begrippen in het voortgezet onderwijs vaak op verzamelingen slaan, is belangrijk omdat we hierdoor afzonderlijke stoffen bij een verzameling kunnen onderbrengen. Op grond daarvan kunnen we een uitspraak doen over de eigenschappen en de structuur van de betreffende stoffen. Een chemicus herkent bijvoorbeeld CsBr onmiddellijk als een zout en verwacht dan ook dat deze stof een hoog smelt- en kookpunt heeft en stroom geleidt in de vloeibare fase en daarbij ontleedt in cesium en broom. Bovendien weet hij dat cesiumbromide is opgebouwd uit positieve cesiumionen en negatieve bromide-ionen.

Heen-en-weerdenken

We hebben ons nog niet afgevraagd waarom scheikundigen zich vermoeien met een beschrijving van stoffen en verschijnselen op twee niveaus. Wat is het nut hiervan? Het microniveau is bedoeld om eigenschappen van stoffen en verschijnselen op macroniveau te kunnen verklaren en voorspellen. Heen-en-weerdenken omvat dus eigenlijk verklaren en voorspellen. Laten we een poging tot een verklaring en een voorspelling wagen.

Om bij het voorbeeld over zouten te blijven, zouden we met het feit dat zouten uit ionen zijn opgebouwd moeten kunnen *verklaren* waarom zouten hoge smelt- en kookpunten hebben. Een verklaring zou er als volgt uit kunnen zien. Zouten bestaan uit positieve en negatieve deeltjes trekken elkaar sterk aan. Om deze deeltjes (gedeeltelijk) uit elkaar

Met de nieuwe schoolboeken, zoals ze nu zijn, worden de leerlingen onvoldoende voorbereid op de nieuwe examens

te trekken moet er kracht uitgeoefend worden over een afstand. Met andere woorden er moet arbeid verricht worden ($W = F \cdot s$). Arbeid is een vorm van energie. Bij smelten en koken wordt er energie in de vorm van warmte (Q) toegevoerd. Bij sterke aantrekkingskrachten tussen deeltjes moet er veel arbeid verricht worden, dus veel warmte worden toegevoerd. Dit komt tot uiting in de hoge smelt- en kookpunten van zouten. Uit de betrekking $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ blijkt dat we hierbij wel uitgaan van een veronderstelling, namelijk dat de soortelijke warmte (c) van alle zouten ongeveer even groot is en dat er in een kilogram van welk zout dan ook ongeveer evenveel ionbindingen aanwezig zijn.

Uit het feit dat moleculaire stoffen een zwakke molecuulbinding hebben, kunnen we *voorspellen* dat moleculaire stoffen met elkaar zullen mengen. Uit een practicum waarin geprobeerd wordt diverse moleculaire stoffen met elkaar te mengen, blijkt dat de trend wel klopt,

Kleintje wetenschap

Laatste Nederlandse jaknikker naar Openluchtmuseum

Er staan op Nederlandse olievelden geen jaknikkers meer. Het is het zichtbare gedeelte van een ondergronds mechanisch systeem dat in een olieput is geïnstalleerd. Dit pompsysteem is een plunjerpomp. Die bevindt zich onder in de olieformatie en is via een stangenstelsel verbonden met de jaknikker. Die zorgt ervoor dat de plunjerpomp de noodzakelijke op- en neergaande beweging kan maken. In Nederland staan ze niet meer; in Duitsland zijn er nog enkele en in de Verenigde Staten nog tienduizenden. Een van de jaknikkers van het Berkelveld verhuist naar Arnhem. Het Nederlands Openluchtmuseum werkt aan een presentatie van de Canon van Nederland. Een van de 'vensters' daarin gaat over de gasbel en daarmee over de winning van fossiele brandstoffen uit Nederlandse bodem (turf, kolen, olie en gas).

■ Bron: Shell Venster november-december 2013

maar dat er uitzonderingen zijn. Bijvoorbeeld water en ethanol mengen met elkaar evenals wasbenzine en lampolie, maar noch water noch ethanol mengen met wasbenzine of met lampolie. Op grond van deze waarneming moet het model dat wij van moleculaire stoffen hebben op microniveau verfijnd worden. Hierna kan de waterstofbrug geïntroduceerd worden.

Conclusie

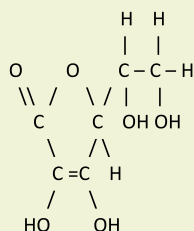
Uit het voorgaande blijkt dat we te weinig vragen stellen bij de tradities in het scheikundeonderwijs. Vinden we het voldoende dat een leerling een stof bij een verzameling kan onderbrengen en dat ze verzamelingen aan elkaar koppelen zoals eindexamenopgaven laten zien (zie figuur 2), of willen we dat leerlingen vanuit het microniveau wetenschappelijke verklaringen kunnen geven van eigenschappen en verschijnselen op macroniveau? En waarom niet vanuit begrippen die leerlingen al beheersen, ze voorspellingen laten doen over verschijnselen die ze zullen gaan zien?

Nieuwe ontwikkelingen

Daarnaast heeft de context-conceptaanpak van de Nieuwe Scheikunde in vakdidactische kringen geleid tot een nieuwe definitie van chemicus. Een chemicus is een wetenschapper die *smart materials* tot stand brengt (Pilot, A., 2012, 46). Deze meer technische benadering van de scheikunde heeft geleid tot het onderscheiden van mesoniveaus. Deze

Vitamine C bruistablet

Een van de vitaminen die we dagelijks nodig hebben, is vitamine C (ascorbinezuur). De structuurformule van vitamine C staat hieronder:



19 Leg aan de hand van de structuurformule uit dat vitamine C goed oplosbaar is in water.

Mogelijke antwoorden:

Een molecuul vitamine C heeft meerdere OH groepen. Het kan waterstofbruggen vormen met watermoleculen, dus zal vitamine C goed oplossen.

Een molecuul vitamine C is polair, net als een watermolecuul. Vitamine C zal dus goed oplossen.

Vitamine C is een polaire stof, net als water. Vitamine C zal dus goed oplossen.

Examenbundel havo 2012/2013, blz. 154

Figuur 2. Examenopgave havo over Vitamine C.

zijn noodzakelijk om eigenschappen te verklaren die veroorzaakt worden door vele deeltjes tegelijkertijd. Voorbeelden van mesoniveaus zijn de keten- versus de netwerkstructuur bij thermoplasten en thermoharders om het al of niet zacht worden van polymeren bij verwarming te verklaren, de lagenstructuur van metaalatomen in metalen en legeringen om het verschil in vervormbaarheid te verklaren. Inmiddels zijn er enkele modules waarin mesostructuren expliciet aan de orde komen, zoals de module *Zelfherstellend beton* en de module *De chemie van een klevend netwerk*.

Literatuur

Manders, J., Visser-Spapen, K., Wijbenga, E., Kwakernaat, L., Gruijter, J. de (2010).

Lesmodule *Zelfherstellend beton*, zie

www.scheikundeinbedrijf.nl.

Meijer, M., Bulte, A. en Pilot, A. (2007). *De chemie van een klevend netwerk*. Zie

<http://tinyurl.com/nza9l3g>.

Pilot, A. (2012). *De slimme chemicus, the smart chemist* in Gruijter, J. de et al. *Meer over contexten in Nieuwe Scheikunde*. NVON, Utrecht.

Kleintje wetenschap

Slechts één woord: plastics

Dat was het simpele maar raadselachtige advies dat een vriend des huizes gaf aan de acteur die speelde in de uit 1967 daterende film *The Graduate*. De acteur, Dustin Hoffman, kreeg hiervoor zijn eerste Oscar-nominatie. "Er ligt een grote toekomst in plastics", voegde de vriend eraan toe. Hij had wel een vooruitziende blik. Slechts vier jaar eerder was de Nobelprijs voor scheikunde toegekend aan het paar Karl Ziegler (1898-1973) en Giulio Natta (1903-1979), 'wegens hun ontdekkingen op het gebied van de chemie en technologie van

polymeren.' Natuurlijk waren bakeliet, pvc en polystyreen allang op de markt, maar het werk van Ziegler en Natta in de jaren '50, met name de gekatalyseerde productie van polyolefinen, maakten polymeren tot de alomtegenwoordige materialen van deze tijd. Jaarlijks wordt er bijna 300 miljoen ton plastic geproduceerd, waarvan meer dan de helft polypropyleen en de diverse polyethylenen, met name gebruikt als verpakkingsmateriaal. Bijgaande Zweedse postzegel kwam uit in 1988, het 25^e jubileumjaar van bovengemelde Nobelprijs. Ze stelt een spinnenweb voor (spinrag is een stof met grote treksterkte en elasticiteit),

en een molecuulmodel van een lineaire keten van polypropyleen (natuurrubber), ook al bevat deze eerder *cis*- dan *trans*-bindingen.

Eronder is nog een spuitdop te zien, en een ongeordende serie ketens van LD-polypropyleen.

■ Bron: *Chemistry International*, September-October 2013, geschreven door Daniel Rabinovich

